

О необходимости проведения регулярного контроля доз облучения хрусталиков глаз у персонала, занятого на работах с использованием радиофармацевтических препаратов

Е.Н. Шлеенкова¹, С.Ю. Бажин¹, Г.Н. Кайдановский¹, Л.А. Чипига^{1,2,3}, В.А. Ильин¹

¹ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева, Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

² Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

³ Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Международная комиссия по радиационной защите в 2011 г. определила пороговое значение поглощенной дозы для образования катаракты хрусталика глаза равным 0,5 Гр как для острого, так и для хронического облучения. Был установлен предел дозы облучения хрусталика глаза, равный 20 мЗв в год, усредненный за 5 последовательных лет (100 мЗв за 5 лет), и 50 мЗв за любой отдельный год. В российских нормативных документах указан дозовый предел облучения хрусталика глаза, равный 150 мЗв в год, и отсутствуют четкие критерии, определяющие условия, при которых необходимо проведение индивидуального дозиметрического контроля облучения хрусталика глаза, но следует ожидать, что в ближайшие годы в России также будет снижен дозовый предел. Цели исследования: оценка доз облучения хрусталиков глаз персонала медицинских организаций, проводящих работы с радиофармацевтическими препаратами; выявление связи дозы облучения хрусталика глаза с типом и величиной активности радионуклида, которым мечен радиофармацевтический препарат; обоснование целесообразности и выявление категорий персонала для проведения регулярного индивидуального дозиметрического контроля дозы облучения хрусталика глаза в медицинских организациях, проводящих работы с радиофармацевтическими препаратами. В рамках исследования были проведены измерения доз облучения хрусталиков глаз работников подразделений ядерной медицины двух медицинских организаций города Санкт-Петербурга, осуществляющих обращение с радиофармацевтическими препаратами, проанализирована возможность выявления высоких доз облучения хрусталиков глаз у этого персонала. Длительность контроля составила 1 месяц. Персонал был поделён на две группы в зависимости от типа радионуклидов в радиофармацевтических препаратах, с которыми проводились работы: 1) персонал отделений ПЭТ и блока радионуклидного обеспечения, в которых проводят работы с радиофармацевтическими препаратами, мечеными позитрон-излучающими радионуклидами (¹¹C, ¹⁸F, ⁶⁸Ga); 2) персонал отделений радионуклидной диагностики и терапии, в которых проводят работы с радиофармацевтическими препаратами, мечеными радионуклидами ⁸⁹Sr, ^{99m}Tc. Измерения операционной величины Hp(3) проводились методом термoluminesцентной дозиметрии. Использовались индивидуальные дозиметры, соответствующие условиям определения операционной величины. Дозиметры, предназначенные для измерения Hp(3), располагались на воротнике халата без ослабителя. Результаты измерений Hp(3) продемонстрировали, что набранная доза зависит от характера работ, оборудованности подразделения ядерной медицины, радионуклида и его активности как на рабочих местах персонала, так и суммарной за весь срок сбора данных. Высокие значения доз были получены у процедурных медсестер, радиохимиков и технологов, которые проводили работы с позитрон-излучающими радионуклидами (¹⁸F, ⁶⁸Ga и ¹¹C), которые при экстраполяции на год могут превышать 20 мЗв. Именно для этой категории персонала целесообразно проведение индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения хрусталиков глаз после предварительной оценки уровня облучения работников и оценки рисков высоких доз хрусталика глаза.

Ключевые слова: индивидуальный дозиметрический контроль, эквивалентная доза Hp(3), хрусталик глаза, ПЭТ, ядерная медицина, радиофармацевтические препараты, радиационная катаракта.

Шлеенкова Екатерина Николаевна

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева

Адрес для переписки: 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: eshleenkova@mail.ru

Введение

В последние годы в перечне вопросов радиационного контроля и радиационной безопасности актуальным является вопрос облучения хрусталиков глаз. Радиационная катаракта является основным эффектом облучения хрусталика глаза, принято считать, что этот эффект является детерминированным, т.е. дозозависимым. По данным НКДАР ООН [1], риск возникновения радиационно-индуцированной катаракты оказался более высоким, чем это считалось ранее. Международная комиссия по радиационной защите (МКРЗ) в 2011 г. определила пороговое значение поглощенной дозы для образования катаракты хрусталика глаза равным 0,5 Гр [2] как для острого, так и для хронического облучения (предыдущее значение было равным 5 Гр). Был установлен предел дозы облучения хрусталика глаза, равный 20 мЗв в год, усредненный за 5 последовательных лет (100 мЗв за 5 лет), и 50 мЗв за любой отдельный год [2]. В отечественных нормативных документах (НРБ-99/2009¹, МУ 2.6.1.3015-12²) указан дозовый предел облучения хрусталика глаза, равный 150 мЗв в год, однако следует ожидать, что в ближайшие годы в России произойдет гармонизация с международными требованиями и снижение этого норматива до 20 мЗв в год.

Критической группой медицинского персонала считаются работники, занимающиеся интервенционными методами диагностики и лечения. Это подтверждается исследованиями, доказывающими высокие уровни доз облучения хрусталика глаза у данной категории медицинского персонала [3–9]. Данный факт объясняется тем, что при интервенционных процедурах персонал проводит операции под контролем рентгеновского излучения и находится в непосредственной близости к источнику излучения.

Другой группой персонала медицинских организаций с риском высоких доз облучения хрусталика глаза являются работники подразделений ядерной медицины, проводящие работы с радиофармпрепаратами (РФП), к ним относятся радиохимики и технологи, задействованные при изготовлении, контроле качества, измерении активности радионуклидов в РФП и упаковке в транспортный контейнер, а также медицинские сестры, которые осуществляют элюирование генераторов радионуклидов, изготовление, фасовку и введение РФП пациентам для проведения диагностических и терапевтических процедур. Отдельные исследования показывают, что у персонала, занятого изготовлением РФП для ПЭТ-диагностики, измеренные эквиваленты доз облучения хрусталика глаза Нр(3) были в 3 раза выше доз Нр(10), измеренных на грудной клетке [10]. Специалисты данной категории выполняют целый ряд операций с ИИИ, характеризующихся, во-первых, неоднородным облучением тела бета- и гамма-излучением в широком спектре энергий и, во-вторых, большой вариабельностью мощностей доз на рабочих местах и продолжительностью процедур.

РФП изготавливаются как специализированными лабораториями по производству РФП, обеспечивающими работу ядерной медицины, так и непосредственно в ме-

дицинских организациях, которые изготавливают РФП из радионуклидов, соединяя их с сухим препаратом (лиофилизатом) [11], или путем синтеза РФП. Затем эти РФП вводятся пациентам для диагностики или лечения патологического процесса. Каждый этап работы с РФП в той или иной степени сопровождается воздействием ионизирующего излучения на персонал. В зависимости от оборудованности подразделения ядерной медицины часть производственных процедур может выполняться автоматически (например, синтез РФП или фасовка), другие вручную (например, изготовление РФП, измерение активности радионуклидов в РФП, контроль качества РФП, введение РФП пациентам). Таким образом, наибольший интерес для изучения доз облучения хрусталиков глаз представляют лица из персонала, которые имеют непосредственный контакт с РФП, а именно лица, осуществляющие изготовление, фасовку, введение РФП, – это процедурные медсестры и радиохимики. Высокие рабочие активности радионуклидов, от нескольких десятков до нескольких тысяч мегабеккерелей (МБк), могут приводить к значительным уровням облучения хрусталика глаза у этой категории персонала.

Радионуклиды, используемые в ядерной медицине, можно разделить на три группы:

1) радионуклиды, используемые в однофотонной радионуклидной диагностике, включая однофотонную эмиссионную компьютерную томографию и сцинтиграфию, с энергией гамма-излучения преимущественно 100–200 кэВ (например, ^{99m}Tc, ¹²³I);

2) радионуклиды, используемые при проведении позитронно-эмиссионной томографии, которые характеризуются бета+-излучением и гамма-излучением энергии 511 кэВ (например, ¹⁸F, ⁶⁸Ga, ¹¹C, ¹⁵O). Энергия бета+-излучения наиболее распространенных радионуклидов ¹⁸F, ⁶⁸Ga ниже 700 кэВ, которое не способно проникнуть в хрусталик глаза; энергия бета+-излучения ¹⁵O и ¹¹C выше 700 кэВ, которое может вносить дополнительный вклад в дозу облучения хрусталика глаза [12].;

3) альфа- и бета-излучающие радионуклиды, используемые в терапии, с низким выходом гамма-излучения (например, ¹³¹I, ⁸⁹Sr, ²²³Ra).

В России около 90% всех исследований пациентов в однофотонной радионуклидной диагностике выполняются с РФП, меченными ^{99m}Tc, который получают из молибден-технециевых генераторов радионуклидов непосредственно в центрах ядерной медицины [13]. В диагностике методом ПЭТ наиболее распространенным (около 90% всех ПЭТ-исследований) является исследование всего тела с ¹⁸F-ФДГ для диагностики онкологических заболеваний [14].

Ряд зарубежных исследований продемонстрировал возможное превышение годовой дозы в хрусталике глаза в 20 мЗв (рекомендованный МАГАТЭ предел дозы) у персонала подразделений ядерной медицины (медицинские сестры и радиохимики) [15–20]. Так, были определены случаи трехкратного превышения годовой дозы 20 мЗв у работников радиофармацевтических производственных центров,

¹ Санитарные правила и нормы СанПиН 2.6.1.2523-09. Нормы радиационной безопасности. Зарегистрировано в Минюсте РФ 14.08.2009 № 14534. [Sanitary rules and norms. SanPiN 2.6.1.2523-09. Norms of the radiation safety (NRB 99/2009). Registered in the Ministry of Justice of the Russian Federation 14.08.2009 N 14534. (In Russ.)]

² МУ 2.6.1.3015-12. Организация и проведение индивидуального дозиметрического контроля. Персонал медицинских организаций. Радиационная гигиена. 2012;5(3):77-86. [Methodical guidelines 2.6.1.3015-12. "Organization and management of individual dosimetry of medical staff". Radiation Hygiene. 2012;5(3):77-86. (In Russ.)]

производящих ^{18}F -ФДГ для ПЭТ-диагностики [15]. Также было показано, что дозы облучения хрусталика глаза персонала производственных объектов, работающих с РФП на основе ^{18}F , выше, чем для персонала, маркирующего препараты с использованием $^{99\text{m}}\text{Tc}$ [17]. В другом исследовании было получено, что значения доз облучения хрусталика глаза радиохимиков, проводящих работы с ^{68}Ga (изготовление ^{68}Ga -DOTA-TATE), были до 7 раз выше по сравнению с работами с $^{99\text{m}}\text{Tc}$, а дозы у медицинских сестер, введших пациентам РФП, меченный ^{68}Ga , до 11 раз выше, чем при введении с $^{99\text{m}}\text{Tc}$ [16]. Обзор отечественных литературных источников показал малое количество информации о дозах облучения хрусталиков глаз персонала отечественных отделений ядерной медицины [21]. Согласно российским нормативным документам, контроль облучения хрусталиков глаз для данного персонала не предусматривается.

Цель исследования – оценка доз облучения хрусталиков глаз персонала медицинских организаций, проводящих работы с РФП; определение факторов, влияющих на дозу облучения хрусталика глаза персонала подразделений ядерной медицины; первичная оценка целесообразности и выявление категорий персонала для проведения рутинного контроля дозы облучения хрусталика глаза в отделениях ядерной медицины.

Материалы и методы

В рамках исследования были проведены измерения доз облучения хрусталика глаза персонала двух медицинских организаций города Санкт-Петербурга, осуществляющих работы с РФП. Длительность контроля – 1 месяц.

Персонал был поделён на две группы в зависимости от типа радионуклидов в РФП, с которыми проводились работы (табл. 1):

- персонал отделений ПЭТ-диагностики и изготовления РФП, в которых проводят работы с РФП, мечеными позитрон-излучающими радионуклидами (^{11}C , ^{18}F , ^{68}Ga), – медсестры (4 человека), технологи (6 человек), радиохимики (3 человека).
- персонал отделений радионуклидной диагностики и терапии, в которых проводят работы с РФП, мечеными радионуклидами ^{89}Sr (бета-излучение с энергией 1,492 МэВ), $^{99\text{m}}\text{Tc}$ (гамма-излучение с энергией 140 кэВ (90%), ^{123}I (гамма-излучение с энергией 159 кэВ (83,4%), – медсестры (7 человек).

Измерения доз облучения хрусталика глаза были проведены с помощью индивидуальных термолюминесцентных дозиметров типа МКД-А, содержащих по одному детектору ДТГ-4 (LiF: Mg, Ti). Дозиметр располагался на воротнике халата или на средствах индивидуальной защиты (защитные фартуки и воротники), т.е. без ослабителей излучения в период проведения всех манипуляций персонала с ИИИ. Все манипуляции, виды радионуклидов, а также их активности были записаны в специальный дневник. Каждый дозиметр имел уникальную маркировку и был использован персонально без передачи и обмена между участниками контролируемых групп. Дозиметры экспонировались в реальных рабочих условиях при выполнении персоналом привычных манипуляций, согласно типовым сценариям работы.

Для соотнесения доз облучения хрусталика глаза с эффективными дозами дополнительно работникам были розданы дозиметры DTU-01 для измерения индивиду-

Таблица 1

Категории обследованных работников, проводящих работы с радиофармацевтическими препаратами

[Table 1

Categories of surveyed workers working with radiopharmaceuticals]

Медицинская организация [Medical facility]	Персонал [Staff]	Количество обследованных сотрудников [Number of monitored workers]	Радионуклиды в РФП [Radionuclides in radiopharmaceuticals]	Манипуляции с РФП [Manipulation of radiopharmaceuticals]
МО-1* [MO-1]*	Медицинские сестры [Nurses]	5	$^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{123}I	Изготовление и фасовка РФП по шприцам, измерение активности каждого шприца, введение РФП пациентам [manufacturing and packing of syringes, measuring the activity of each syringe, injection to patients]
	Медицинские сестры [Nurses]	1	^{18}F , ^{11}C , ^{68}Ga	Фасовка РФП по шприцам, введение РФП пациентам [packing of syringes, injection to patients]
	Технологи [Technologists]	4	^{18}F , ^{11}C , ^{68}Ga	Синтез РФП, измерение и упаковка в транспортный контейнер, фасовка РФП по шприцам [synthesis, measuring the activity and packaging in a transport container, packing of syringes]
	Радиохимики [Radiochemists]	2	^{18}F , ^{11}C , ^{68}Ga	Синтез РФП, контроль качества РФП [synthesis, quality control]

Медицинская организация [Medical facility]	Персонал [Staff]	Количество обследованных сотрудников [Number of monitored workers]	Радионуклиды в РФП [Radionuclides in radiopharmaceuticals]	Манипуляции с РФП [Manipulation of radiopharmaceuticals]
МО-2**	Медицинские сестры [Nurses]	2	^{99m} Tc, ⁸⁹ Sr	Изготовление и фасовка РФП по шприцам, измерение активности каждого шприца, введение РФП пациентам [manufacturing and packing of syringes, measuring the activity of each syringe, injection to patients]
	Медицинские сестры [Nurses]	3	¹⁸ F, ¹¹ C, ⁶⁸ Ga	Фасовка РФП по шприцам, измерение активности каждого шприца, введение РФП пациентам [packing of syringes, measuring the activity of each syringe, injection to patients]
	Технологи [Technologists]	2	¹⁸ F, ¹¹ C, ⁶⁸ Ga	Синтез РФП, измерение и упаковка в транспортный контейнер, отбор проб, транспортирование РФП [synthesis, measuring the activity and packaging in a transport container, sampling, transportation]
	Радиохимики [Radiochemists]	1	¹⁸ F, ¹¹ C, ⁶⁸ Ga	Контроль качества РФП [quality control]

*Медицинская организация-1

**Медицинская организация-2

[*Medical organization-1

**Medical organization-2]

дуального эквивалента дозы $H_p(10)$, которые носились на груди.

Показания детекторов были считаны на термомюнесцентной установке ДВГ-02ТМ. Основная погрешность результатов измерений $H_p(3)$ и $H_p(10)$, согласно свидетельству о поверке, составляет $\pm 30\%$ ($P=0,95$). Диапазон измерения значений индивидуального эквивалента дозы $H_p(3)$ – от 0,1 мЗв до 100 Зв. Для оценки годовой дозы полученные в результате измерений дозы были экстраполированы на 11 рабочих месяцев.

Статистическая обработка данных была выполнена с использованием программного обеспечения Statistica 10. Для описания количественных показателей использовали методы параметрической статистики. Для определения взаимосвязи показателей между собой использовали корреляционный анализ Спирмена. Взаимосвязь между параметрами считалась достоверной при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение

В таблице 2 представлены результаты измерения доз облучения хрусталиков глаз для персонала подразделений ядерной медицины, также представлены данные об активностях радионуклидов и проводимых процедурах. Исходя из зафиксированных в дневниках работников активностей, в основном, проводились работы с радионуклидами ¹⁸F в ПЭТ-диагностике (первая группа) и ^{99m}Tc в однофотонной радионуклидной диагностике (вторая группа). Соответственно, можно предположить, что рабо-

ты с этими радионуклидами вносили наибольший вклад в дозу каждого работника.

Как видно на рисунке, наибольшие дозы были зафиксированы у технологов из первой группы, которые проводят синтез РФП, меченных позитрон-излучающими радионуклидами, измерение флаконов и их упаковку, а также транспортирование в подразделения ПЭТ-диагностики (медиана 1,3 мЗв за обследованный месяц), также относительно большие дозы были зафиксированы у радиохимиков, которые задействованы в синтезе и контроле качества РФП для ПЭТ-диагностики (медиана 0,76 мЗв за обследованный месяц). Дозы медицинских сестер, работающих в ПЭТ-диагностике, которые занимаются фасовкой РФП по шприцам, измерением активностей радионуклидов в РФП перед введением пациенту и введением РФП пациенту (медиана 0,55 мЗв за обследованный месяц), были выше, по сравнению с медицинскими сестрами, работающими с ^{99m}Tc, ¹²³I и ⁸⁹Sr (медиана 0,34 мЗв за обследованный месяц).

Для выявления факторов, оказывающих влияние на дозу облучения хрусталика глаза при работе с РФП, был проведен анализ взаимосвязи между дозами и активностями основных радионуклидов, с которыми проводились работы (табл. 3). Анализ продемонстрировал низкую корреляцию доз облучения хрусталика глаза и активности радионуклидов у медицинских сестер и радиохимиков, проводивших работы с позитрон-излучающими радионуклидами, для других групп взаимосвязь отсутствовала.

Научные статьи

Таблица 2

Активность радионуклидов в РФП (ГБк), с которыми проводились работы за весь период обследования, и дозы облучения хрусталиков глаз обследованного персонала по группам (мЗв) за один месяц наблюдения

[Table 2]

Activity of radionuclides in radiopharmaceuticals (GBq) and the doses of the eye lenses of the examined staff (mSv) for investigated month]

Персонал [Staff]	Радионуклид [Radionuclide]	Активность, ГБк [Activity, GBq]	Манипуляции [Manipulation]	Доза облучения хрусталика глаза, мЗв [The dose for the eye lens, mSv]
Первая группа [First group]				
Медицинская сестра-1 (МО-1) [Nurse-1 (MO-1)]	⁶⁸ Ga	23,3	Фасовка, измерение, введение РФП [packaging, measurement, injection]	0,91
	¹⁸ F	421,5		
	¹¹ C	24		
Технолог-1 (МО-1) [Technologist-1 MO-1]	⁶⁸ Ga	68	Синтез РФП, измерение, упаковка [synthesis, measurement, packaging]	2,11
	¹⁸ F	552,4		
	¹¹ C	71,5		
Технолог-2 (МО-1) [Technologist-2 MO-1]	⁶⁸ Ga	26,2	Синтез РФП, измерение, упаковка [synthesis, measurement, packaging]	0,77
	¹⁸ F	421,5		
	¹¹ C	42,71		
Технолог-3 (МО-1) [Technologist-3 MO-1]	⁶⁸ Ga	17	Синтез РФП, измерение, упаковка [synthesis, measurement, packaging]	1,36
	¹⁸ F	295,5		
	¹¹ C	42		
Технолог-4 (МО-1) [Technologist-4 MO-1]	⁶⁸ Ga	14	Синтез РФП, измерение, упаковка [synthesis, measurement, packaging]	0,81
	¹⁸ F	475		
	¹¹ C	12		
Радиохимик-1 (МО-1) [Radiochemist-1 (MO-1)]	⁶⁸ Ga	66,1	Синтез, контроль качества РФП [synthesis, quality control]	0,86
	¹⁸ F	224,9		
	¹¹ C	70,5		
Радиохимик-2 (МО-1) [Radiochemist-2 (MO-1)]	⁶⁸ Ga	53,4	Синтез, контроль качества РФП [synthesis, quality control]	0,76
	¹⁸ F	178,2		
	¹¹ C	–		
Медицинская сестра-1 (МО-2) [Nurse-1 (MO-2)]	⁶⁸ Ga	5,4	Фасовка, измерение, введение РФП [packaging, measurement, injection]	0,56
	¹⁸ F	7,8		
	¹¹ C	6,3		
Медицинская сестра-2 (МО-2) [Nurse-2 (MO-2)]	⁶⁸ Ga	4,9	Фасовка, измерение, введение РФП [packaging, measurement, injection]	0,49
	¹⁸ F	10,85		
	¹¹ C	3,7		
Медицинская сестра-3 (МО-2) [Nurse-3 (MO-3)]	⁶⁸ Ga	4,1	Фасовка, измерение, введение РФП [packaging, measurement, injection]	0,54
	¹⁸ F	11,9		
	¹¹ C	5,5		
Технолог-1 (МО-2) [Technologist-1 MO-2]	⁶⁸ Ga	7,6	Синтез РФП, упаковка [synthesis, packaging]	1,17
	¹⁸ F	124,3		
	¹¹ C	–		
Технолог-2 (МО-2) [Technologist-2 MO-2]	⁶⁸ Ga	33,6	Транспортирование [transportation]	2,06
	¹⁸ F	211,6		
	¹¹ C	25,5		
Радиохимик-1 (МО-2) [Radiochemist-1 (MO-2)]	⁶⁸ Ga	0,32	Контроль качества РФП [synthesis, quality control]	0,21
	¹⁸ F	11,4		
	¹¹ C	0,31		

Персонал [Staff]	Радионуклид [Radionuclide]	Активность, ГБк [Activity, GBq]	Манипуляции [Manipulation]	Доза облучения хрусталика глаза, мЗв [The dose for the eye lens, mSv]
Вторая группа [Second group]				
Медицинская сестра-1 (МО-1) [Nurse-1 (MO-1)]	^{99m} Tc	541,7	Изготовление, введение РФП [production, injection]	0,21
Медицинская сестра-2 (МО-1) [Nurse-2 (MO-1)]	^{99m} Tc	226,9	Изготовление, фасовка, измерение, введение РФП [production, packaging, measurement, injection]	0,58
Медицинская сестра-3 (МО-1) [Nurse-3 (MO-1)]	^{99m} Tc	226,9	Изготовление, фасовка, измерение, введение РФП [production, packaging, measurement, injection]	0,57
Медицинская сестра-4 (МО-1) [Nurse-4 (MO-1)]	^{99m} Tc	229,8	Изготовление, фасовка, измерение, введение РФП [production, packaging, measurement, injection]	0,56
Медицинская сестра-5 (МО-1) [Nurse-5 (MO-1)]	^{99m} Tc	229,8	Изготовление, фасовка, измерение, введение РФП [production, packaging, measurement, injection]	0,34
Медицинская сестра-1 (МО-2) [Nurse-1 (MO-2)]	^{99m} Tc	129,9	Изготовление, фасовка, измерение, введение РФП [production, packaging, measurement, injection]	0,31
Медицинская сестра-2 (МО-2) [Nurse-2 (MO-2)]	^{99m} Tc	38,2	Изготовление, фасовка, измерение, введение РФП [production, packaging, measurement, injection]	0,25
	⁸⁹ Sr	1,4		
	¹²³ I	2,7		
	¹²³ I	0,5		
	⁸⁹ Sr	1,4		

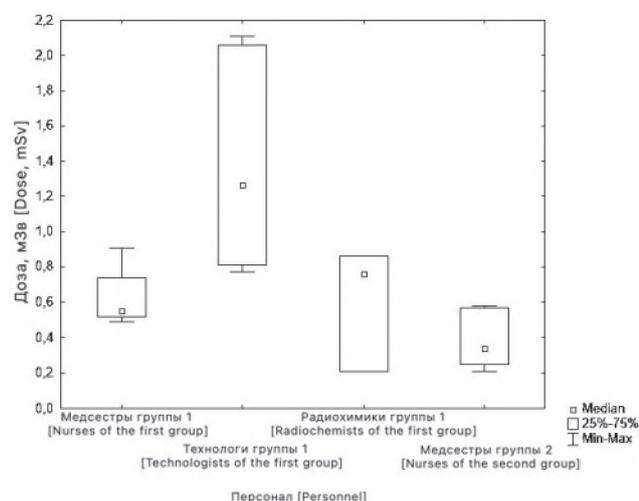


Рис. Разброс доз облучения хрусталика глаза за месяц для обследованных групп персонала
[Fig. The range of doses to eye the lens of the monitored workers for investigated month]

Полученные результаты указывают на множество факторов, оказывающих влияние на дозы облучения хрусталика глаза работников подразделений ядерной медицины: специализация работника, радионуклиды и их активности, проводимые технологические процедуры и манипуляции с ИИИ, а также оборудованность подразделений и применение на практике работником основных

принципов радиационной защиты (экранирование, время, расстояние). Дозы облучения выбранной категории персонала формируются, в основном, за счет кратковременных процедур, проводимых с ИИИ, поэтому большую роль играет число таких процедур, проводимых за смену, их сложность, время, затраченное на их выполнение, а также оптимизация работы и радиационной защиты в рабочих помещениях и подготовка и опыт работников. Так, например, наличие автоматического фасовщика или оборудования для автоматического введения РФП пациентам может существенно снизить дозы облучения персонала. Отсутствие выраженной зависимости дозы облучения хрусталика глаза от активности радионуклидов для отдельных групп работников, выполняющих однотипные манипуляции, как и в работе Dabin и др. 2016 [18], указывает на различное выполнение технологических процедур, разные скорости и возможное пренебрежение средствами радиационной защиты при отдельных манипуляциях с ИИИ. Применение защитного просвинцованного стекла на рабочем месте медицинской сестры при фасовке РФП или радиометр для измерения активности радионуклидов в РФП, установленный за экранирующим оборудованием, способны существенно снизить уровни облучения хрусталика глаза работников.

Характер работ и характеристики излучения радионуклида также оказывают влияние на дозу облучения хрусталика глаза работников. Полученные относительно высокие дозы у медицинских сестер, работающих с позитрон-излучающими радионуклидами, по сравнению с медицинскими

Таблица 3
Статистические параметры корреляции дозы облучения хрусталика глаза и активности основного радионуклида
(¹⁸F для первой группы, ^{99m}Tc для второй группы)

[Table 3]

Correlation between the dose of the eye lens and the activity of the main radionuclide
(¹⁸F for the first group, ^{99m}Tc for the second group)]

Персонал* [Staff*]	p	r ²
Медицинские сестры первой группы [Nurses of the first group]	0,01	0,98
Технологи первой группы [Technologists of the first group]	ns**	–
Радиохимики первой группы [Radiochemists of the first group]	0,04	0,99
Медицинские сестры второй группы [Nurses of the second group]	ns**	–

*первая группа – РФП на основе ¹⁸F, ⁶⁸Ga, ¹¹C; вторая группа – РФП на основе ^{99m}Tc, ⁸⁹Sr, ¹²³I.

**ns = non-significant (недостовверно).

[* the first group – radiopharmaceuticals labeled with ¹⁸F, ⁶⁸Ga, ¹¹C; the second group – radiopharmaceuticals labeled with ^{99m}Tc, ⁸⁹Sr, ¹²³I.

** ns = non-significant.]

ми сестрами, проводящими работы с РФП на основе ^{99m}Tc, ⁸⁹Sr, ¹²³I, могут быть связаны как с разными технологическими процедурами, выполняемыми медицинскими сестрами двух групп, так и с различным излучением радионуклидов и защитным оборудованием помещения, в котором проводятся работы. Медицинские сестры, работавшие с ^{99m}Tc, помимо фасовки РФП по шприцам, измерения активности в них и введения РФП пациентам, проводили элюирование раствора ^{99m}Tc из генератора и изготовление РФП смешиванием его с лиофилизатом, что связано с дополнительными процедурами с ИИИ. Особенностью работы с позитрон-излучающими радионуклидами является гамма-излучение с высокой проникающей способностью, которое требует большую толщину и плотность ослабителей для снижения

мощности дозы на рабочем месте персонала, а также наличие дополнительного бета+-излучения, что приводит к высоким мощностям дозы на рабочих местах персонала при работе с ИИИ. Индивидуальные средства защиты, такие как фартуки, воротники и очки, не используют при работе в подразделениях ПЭТ-диагностики в связи с их неэффективностью.

Исходя из результатов измерений доз за один месяц, были оценены предполагаемые годовые эквивалентные и эффективные дозы внешнего облучения хрусталика глаза при проведении работ с различными РФП у этих работников (табл. 4), исходя из предположения, что характер работы каждого сотрудника будет неизменным, а также с учетом ежегодного отпуска персонала (1 месяц).

Таблица 4

Оценки годовой эквивалентной дозы облучения хрусталика глаза и эффективной дозы обследованных групп персонала
на основании проведенных в работе измерений

[Table 4]

Estimated annual equivalent dose of the eye lens and effective dose of the monitored groups of staff

Персонал* [Staff*]	Предполагаемая годовая доза облучения хрусталика глаза, мЗв [Expected annual dose of irradiation of the eye lens, mSv]		Предполагаемая годовая эффективная доза, мЗв [Expected annual effective dose, mSv]	
	Медиана [Median]	Максимальное значение [Maximum value]	Медиана [Median]	Максимальное значение [Maximum value]
Медицинские сестры первой группы [Nurses of the first group]	6	10	5	9
Технологи первой группы [Technologists of the first group]	14	23	11	15
Радиохимики первой группы [Radiochemists of the first group]	8	9	8	10
Медицинские сестры второй группы [Nurses of the second group]	4	6	4	8

*первая группа – РФП на основе ¹⁸F, ⁶⁸Ga, ¹¹C; вторая группа – РФП на основе ^{99m}Tc, ⁸⁹Sr, ¹²³I]

[*the first group – radiopharmaceuticals labeled with ¹⁸F, ⁶⁸Ga, ¹¹C; the second group – radiopharmaceuticals labeled with ^{99m}Tc, ⁸⁹Sr, ¹²³I]

Предполагаемые значения годовой дозы, приведенные в таблице 4, показывают, что возможны случаи, когда значение эквивалентной дозы внешнего облучения хрусталика глаза персонала, задействованного при изготовлении, контроле качества, фасовке, упаковке и транспортировании РФП для ПЭТ-диагностики, превышает 20 мЗв (23 мЗв). Полученные значения доз облучения хрусталика глаза оказались сопоставимы с эффективными дозами. Годовые значения эквивалентной дозы внешнего облучения хрусталика глаза для персонала, работающего в подразделениях однофотонной радионуклидной диагностики и терапии с РФП на основе (^{99m}Tc , ^{89}Sr , ^{123}I), в 3 раза ниже рекомендованного Стандартом МАГАТЭ предела дозы для хрусталика глаза [2], схожие результаты были получены и в других работах по оценке уровней облучения хрусталика глаза данной категории персонала [18, 19]. Поэтому по результатам предварительно проделанной работы можно выделить персонал подразделений ядерной медицины, проводящий работы с позитрон-излучающими радионуклидами, в качестве группы с вероятностью превышения годовой дозы облучения хрусталика глаза в 20 мЗв, для которой целесообразно проведение контроля дозы облучения хрусталика глаза. С целью выявления вероятности превышения годовой дозы облучения хрусталика глаза в 20 мЗв и необходимости регулярного ИДК дозы облучения хрусталика глаза у работников данной категории персонала возможно использование показаний дозиметров (10) для измерения индивидуального эквивалента дозы Нр(10), расположенных на груди [18].

Заключение

Проведенное исследование показало, что на практике для сотрудников подразделений, выполняющих диагностические исследования с использованием различных радионуклидов, возможно получение существенных доз облучения хрусталика глаза (более 20 мЗв за год). Доза облучения работника зависит от множества факторов, таких как характер выполняемых манипуляций с ИИИ, оборудованности подразделения ядерной медицины, применяемых радионуклидов, рабочих активностей, загруженности работника, а также скорости выполнения им процедур.

Предварительные результаты измерений Нр(3) показали, что персонал, занимающийся ПЭТ-диагностикой, а именно процедурные медицинские сестры, радиохимики и технологи, могут иметь высокие дозы внешнего облучения хрусталиков глаз. Именно для этой категории персонала целесообразно проведение индивидуального дозиметрического контроля внешнего облучения хрусталиков глаз после предварительной оценки индивидуального эквивалента дозы Нр(10) и оценки вероятности превышения предела дозы облучения хрусталика глаза 20 мЗв в год, рекомендованного МАГАТЭ.

Благодарности

Авторы выражают свою благодарность сотрудникам подразделений ядерной медицины ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр им. В.А. Алмазова» и ФГБУ «Российский научный центр радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова» за помощь при сборе данных.

Литература

1. Summary of Low-Dose Radiation Effects on Health. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR 2010). 2011. P. 51-64.
2. Международное Агентство по Атомной Энергии. Радиационная Защита и Безопасность Источников Излучения: Международные Основные Нормы Безопасности. Общие требования безопасности. Серия норм МАГАТЭ по безопасности, № GSR Part 3. Вена: МАГАТЭ, 2015. 518 с.
3. Vanhavere F., Carinou E., Domienik J., et al. Measurements of eye lens doses in interventional radiology and cardiology: Final results of the ORAMED project // Radiation Measurements. 2011.
4. Кайдановский Г.Н., Шлеенкова Е.Н. О проблемах контроля доз облучения хрусталика глаза // Радиационная гигиена. 2016. Т. 9, № 3. С. 75-80.
5. Шлеенкова Е.Н., Голиков В.Ю., Кайдановский Г.Н., и др. Результаты контроля доз облучения хрусталиков глаз у медицинского персонала г. Санкт-Петербурга // Радиационная гигиена. 2019. Т. 12, № 4. С. 29-36.
6. Иванов С.И., Логинова С.В., Аكوпова Н.А., и др. Проблемы дозиметрии хрусталика глаза // Медицинская радиология и радиационная безопасность. 2014. Т. 59, № 4. С. 67-72.
7. ICRP, 2018. Occupational radiological protection in interventional procedures. ICRP Publication 139. Ann. ICRP. 2018. 47(2).
8. Рыжкин С.А., Слесарева А.Н., Галеева Г.З., Иванов С.И. Клиническое изучение органа зрения и дозиметрия хрусталика глаза персонала, выполняющего хирургические вмешательства под контролем рентгеновского излучения // Радиация и риск. 2017. Т. 26, № 3. С. 90-99.
9. Рыжов С.А., Алехнович А.В., Аكوпова Н.А., и др. Оценка дозы на хрусталик как элемент внутреннего аудита в отделениях эндоваскулярной диагностики и лечения // Материалы и методы четвертого всероссийского научно-образовательного конгресса с международным участием «Онкорadiология, лучевая диагностика и терапия» 12–13 февраля 2021 г., Москва, 2021. С. 34-36.
10. Kubo A.L.S.L., Mauricio C.L.P. TLD occupational dose distribution study in nuclear medicine // Radiation Measurements. 2014. Vol. 71. P. 442 – 446.
11. Звонова И.А., Чипига Л.А., Балонов М.И., Сухов В.Ю. Радионуклидная диагностика в Санкт-Петербурге: текущее состояние и проблемы развития // Радиационная гигиена. 2015. Т. 8, № 4. С. 32-41.
12. Guidelines for Radiation Protection and Dosimetry of the Eye Lens. Nederlandse Commissie Voor Stralingsdosimetrie. Report 31 of the Netherlands Commission on Radiation Dosimetry, May 2018.
13. Балонов М.И., Голиков В.Ю., Звонова И.А., и др. Современные уровни медицинского облучения в России // Радиационная гигиена. 2015. Т. 8, № 3. С. 67-79.
14. Чипига Л.А., Звонова И.А., Рыжкова Д.В., и др. Уровни облучения пациентов и возможные пути оптимизации ПЭТ-диагностики в России // Радиационная гигиена. 2017. Т. 10, № 4. С. 31-43.
15. 18F-FDG production procedures as a source of eye lens exposure to radiation // Journal of Radiological Protection. 2018. Vol. 38. P. 382-393.
16. 68Ga-DOTA-TATE—a source of eye lens exposure for nuclear medicine department workers // Journal of Radiological Protection. 2018. Vol. 38. P. 1512-1523.
17. Is eye lens dosimetry needed in nuclear medicine? // Journal of Radiological Protection. 2018. Vol. 38. P. 1512-1523.
18. Dabin J., Kopeč R., Struelens L., et al. Eye lens doses in nuclear medicine: a multicentric study in Belgium and Poland // Radiation Protection Dosimetry. 2016. Vol. 170, Issue 1-4. P. 297-301.

19. Summers E.C., Brown Ja.L.E., Bownes P.J., Anderson Sh.E. Eye doses to staff in a nuclear medicine department // Nuclear Medicine Communications. 2012. Vol. 33, Issue 5. P. 476-480.
20. Bellamy M.B., Miodownik D., Quinn B., Dauer L. Occupational eye lens dose over six years in the staff of a us high-volume cancer center // Radiation Protection Dosimetry. 2020. Vol. 192, Issue 3. P. 321-327.
21. Охрименко С.Е., Коренков И.П., Прохоров Н.И., и др. Радиационно-гигиеническая оценка современных медицинских технологий // Гигиена и санитария. 2020. Т. 99, № 9. С. 939-946.

Поступила: 02.08.2021 г.

Шлеенкова Екатерина Николаевна – младший научный сотрудник лаборатории радиационного контроля Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. **Адрес для переписки:** 197101, Россия, Санкт-Петербург, ул. Мира, д. 8; E-mail: eshleenkova@mail.ru

Бажин Степан Юрьевич – заведующий лабораторией радиационного контроля, старший научный сотрудник Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Кайдановский Георгий Наумович – исполняющий обязанности ведущего научного сотрудника лаборатории радиационного контроля Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Чипига Лариса Александровна – кандидат технических наук, научный сотрудник лаборатории радиационной гигиены медицинских организаций Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева; научный сотрудник Российского научного центра радиологии и хирургических технологий имени академика А.М. Гранова Минздрава России; доцент кафедры ядерной медицины и радиационных технологий Национального медицинского исследовательского центра им. В.А. Алмазова Минздрава России, Санкт-Петербург, Россия

Ильин Владимир Александрович – техник-исследователь лаборатории радиационного контроля Санкт-Петербургского научно-исследовательского института радиационной гигиены имени профессора П.В. Рамзаева Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Санкт-Петербург, Россия

Для цитирования: Шлеенкова Е.Н., Бажин С.Ю., Кайдановский Г.Н., Чипига Л.А., Ильин В.А. О необходимости проведения регулярного контроля доз облучения хрусталиков глаз у персонала, занятого на работах с использованием радиофармацевтических препаратов // Радиационная гигиена. 2021. Т. 14, № 3. С. 101-111. DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-101-111

About the requirements of regular monitoring of doses for the eye lens of the staff working with radiopharmaceuticals

Ekaterina N. Shleenkova¹, Stepan Yu. Bazhin¹, Georgiy N. Kaidanovsky¹, Larisa A. Chipiga^{1,2,3}, Vladimir A. Ilyin¹

¹ Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

² Granov Russian Research Center of Radiology and Surgical Technologies, Saint-Petersburg, Russia

³ V. Almazov National Medical Research Center, Saint-Petersburg, Russia

In 2011 the International Commission on Radiation Protection established the threshold value of the absorbed dose in the lens of the eye for the development of cataract equal to 0.5 Gy for acute and chronic exposure. A dose limit for exposure of the lens of the eye was established equal to 20 mSv per year, averaged

Ekaterina N. Shleenkova

Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev

Address for correspondence: Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: eshleenkova@mail.ru

over five consecutive years (100 mSv over 5 years), and 50 mSv for any single year. The Russian regulatory documents specify the dose limit for the exposure of the eye lens equal to 150 mSv per year and there are no clear criteria determining the conditions under which it is necessary to carry out individual monitoring of exposure of the eye lens, but it should be expected that in Russia the dose limit will also be reduced in the coming years. Objectives of the study: assessment of the absorbed doses in the eye lenses of the staff of medical facilities working with radiopharmaceuticals; identification of the relationship between the absorbed dose in the eye lens and the type and range of activities of the radionuclides; justification of the feasibility and identification of categories of staff for regular individual monitoring of the eye lens doses in nuclear medicine departments. Within the framework of the study, the absorbed dose in the eye lens for staff members working with the radiopharmaceuticals in nuclear medicine departments of two medical facilities in St. Petersburg were measured, the possibility of detection of high eye lens doses for these workers was analyzed. The monitoring period was set to 1 month. The workers were divided into two groups depending on the type of radionuclides in the radiopharmaceuticals they commonly work with: 1) the staff of the PET departments and the radiochemistry units working with radiopharmaceuticals labeled with positron emitting radionuclides (^{11}C , ^{18}F , ^{68}Ga) 2) the staff of the departments of nuclear medicine working with radiopharmaceuticals labeled with ^{89}Sr , $^{99\text{m}}\text{Tc}$. Measurements of the operational quantity $H_p(3)$ were carried out by the method of thermoluminescent dosimetry. We used individual dosimeters that met the conditions for determining the operating values. Dosimeters designed to measure $H_p(3)$ were located on the collar of a dressing gown without an attenuator. The results of measurements of $H_p(3)$ indicated that the collected dose depends on the type of the work, the equipment of the nuclear medicine unit, the radionuclide and its activity both at the workplaces and for the entire period of data collection. High dose values were obtained for procedural nurses, radiochemists and technologists who worked with positron-emitting radionuclides (^{18}F , ^{68}Ga and ^{11}C), which, when extrapolated to a year, can exceed 20 mSv. For this category of workers, it is advisable to carry out individual monitoring of external irradiation of the eye lenses after a preliminary assessment of the level of exposure of workers and an assessment of the risks of high doses of the eye lens.

Key words: individual monitoring, dose equivalent $H_p(3)$, the eye lens, PET, nuclear medicine, radiopharmaceuticals, radiation cataracts.

References

- Summary of Low-Dose Radiation Effects on Health. Report of the United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (UNSCEAR 2010); 2011. P. 51-64.
- International Atomic Energy Agency. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. GSR Part 3. Vienna: IAEA; 2015. 518 p. (In Russian).
- Vanhavere F, Carinou E, Domienik J, et al. Measurements of eye lens doses in interventional radiology and cardiology: Final results of the ORAMED project. *Radiation Measurements*. 2011.
- Kaydanovsky GN, Shleenkova EN. On problems of the lens of the eye radiation dose monitoring. *Radiatsionnaya Gygiya = Radiation Hygiene*. 2016;9(3): 75-80 (In Russian).
- Shleenkova EN, Golikov VYu, Kaidanovsky GN, Bazhin SYu, Ilyin VA. Results of eye lens doses control of medical personnel in St.-Petersburg. *Radiatsionnaya Gygiya = Radiation Hygiene*. 2019;12(4): 29-36. (In Russian).
- Ivanov SI, Loginova SV, Akopova NA, Okhrimenko SYe, Nurlybayev KN. Problems of eye lens dosimetry. *Meditsinskaya radiologiya i radiatsionnaya bezopasnost = Medical Radiology and Radiation Safety*. 2014;59(4): 67-72 (In Russian).
- ICRP, 2018. Occupational radiological protection in interventional procedures. ICRP Publication 139. Ann. ICRP; 2018. 47(2).
- Ryzhkin SA, Slesareva AN, Galeeva GZ, Ivanov SI. Clinical examination of the eyes functional status and assessment of equivalent dose to eye lens in medical staff performing endovascular interventions under X-ray guidance. *Radiatsiya i risk = Radiation and Risk*. 2017;26(3): 90-99 (In Russian).
- Ryzhov SA, Alekhnovich AV, Akopova NA, Ermolina EP, Druzhinina YuV, Ryzhkin SA. Lens dose assessment as an element of internal audit in endovascular diagnostics and treatment departments. Materials and methods of the fourth all-Russian scientific and educational congress with international participation «Oncoradiology, radiation diagnostics and therapy». February 12-13, 2021, Moscow; 2021. P. 34-36 (In Russian).
- Kubo ALSL, Mauricio CLP. TLD occupational dose distribution study in nuclear medicine. *Radiation Measurements*. 2014;71: 442 – 446.
- Zvonova IA, Chipiga IA, Balonov MI, Sukhov VYu. Radionuclide diagnostics in St.-Petersburg: current status and development challenges. *Radiatsionnaya Gygiya = Radiation Hygiene*. 2015;8(4): 32-41 (In Russian).
- Guidelines for Radiation Protection and Dosimetry of the Eye Lens. Nederlandse Commissie Voor Stralingsdosimetrie. Report 31 of the Netherlands Commission on Radiation Dosimetry, May 2018.
- Balonov MI, Golikov VYu, Zvonova IA, Kalnitsky SA, Repin VS, Sarycheva SS, et al. Current Levels of Medical Exposure in Russia. *Radiatsionnaya Gygiya = Radiation Hygiene*. 2015;8(3): 67-79 (In Russian).
- Chipiga IA, Zvonova IA, Ryzhkova DV, Menkov MA, Dolgushin MB. Levels of Patients Exposure and a Potential for Optimization of the PET Diagnostics in the Russian Federation. *Radiatsionnaya Gygiya = Radiation Hygiene*. 2017;10(4): 31-43 (In Russian).
- ^{18}F -FDG production procedures as a source of eye lens exposure to radiation. *Journal of Radiological Protection*. 2018;38: 382–393.
- ^{68}Ga -DOTA-TATE—a source of eye lens exposure for nuclear medicine department workers. *Journal of Radiological Protection*. 2018;38: 1512–1523.
- Is eye lens dosimetry needed in nuclear medicine? *Journal of Radiological Protection*. 2018;38: 1512–1523.
- Dabin J, Kopeć R, Struelens L, Szumska A, Tomaszuk M, Vanhavere F. Eye lens doses in nuclear medicine: a multi-centric study in Belgium and Poland. *Radiation Protection Dosimetry*. 2016;170(1-4): 297–301.
- Summers EC, Brown JaLE, Bownes PJ, Anderson ShE. Eye doses to staff in a nuclear medicine department. *Nuclear Medicine Communications*. 2012;33(5): 476-480.
- Bellamy MB, Miodownik D, Quinn B, Dauer L. Occupational eye lens dose over six years in the staff of a us high-volume cancer center. *Radiation Protection Dosimetry*. 2020;192(3): 321–327.

21. Okhrimenko SE, Korenkov IP, Prokhorov NI, Shandala NK, Zakharova AV. Radiation-hygienic assessment of modern

medical technologies. *Gygiena i Sanitariya = Hygiene and Sanitation*. 2020;99(9): 939-946 (In Russian).

Received: August 02, 2021

For correspondence: Ekaterina N. Shleenkova – Junior Researcher of the Laboratory of Radiation Control, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia (Mira Str., 8, Saint-Petersburg, 197101, Russia; E-mail: eshleenkova@mail.ru)

Stepan Yu. Bazhin – Head of the Laboratory of Radiation Control, Senior Researcher, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Georgiy N. Kaidanovsky – acting Leading Researcher of the Laboratory of Radiation Control, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

Larisa A. Chipiga – Ph.D., research fellow, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev; research fellow, Granov Russian Research Center of Radiology and Surgical Technologies; docent, Almazov National Medical Research Centre, Saint-Petersburg, Russia

Vladimir A. Ilyin – Technician-Researcher at the Laboratory of Radiation Control, Saint-Petersburg Research Institute of Radiation Hygiene after Professor P.V. Ramzaev, Federal Service for Surveillance on Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Saint-Petersburg, Russia

For citation: Shleenkova E.N., Bazhin S.Yu., Kaidanovsky G.N., Chipiga L.A., Ilyin V.A. About the requirements of regular monitoring of doses for the eye lens of the staff working with radiopharmaceuticals. *Radiatsionnaya Gygiena = Radiation Hygiene*. 2021. Vol. 14, No. 3. P. 101-111. (In Russian). DOI: 10.21514/1998-426X-2021-14-3-101-111